

3. ОЦЕНКА ПРЕДЕЛЬНОЙ СТАТИЧЕСКОЙ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В НОРМАЛЬНЫХ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ УСЛОВИЯХ

3.1. Общие сведения

Для оценки предельной статической погрешности систем измерения температуры применяют метод, изложенный в разделе 2.

Для измерительных систем под нормальными условиями понимают условия, при которых влияющие физические величины (температура окружающего воздуха $t_{ОВ}$, барометрическое давление P_B , влажность, напряжение питания и т.п.) имеют нормальные значения или находятся в пределах нормальной области значений. Для средств измерений нормальными условиями применения являются также их пространственное положение, отсутствие вибрации, внешних электрических и магнитных полей, кроме земного магнитного поля.

Например, нормальные значения основных влияющих величин:

- температура воздуха
 $t_{ОВ} = +20 \pm 5 \text{ } ^\circ\text{C}$,
- атмосферное давление
 $P_{АТМ} = 760 \pm 25 \text{ мм рт.ст. } (101,325 \pm 3,3 \text{ кПа})$,
- напряжение питания 220 В частотой 50 Гц.

Нормальные значения влияющих величин устанавливают в стандартах на технические средства измерения.

Указанные условия не всегда являются эксплуатационными. Поэтому в стандартах устанавливают расширенную область значений влияющих величин, в пределах которой значение нормированных дополнительных погрешностей не должно превышать установленных пределов. Величины дополнительных погрешностей указывают в технических описаниях средств измерений в разделах «Технические характеристики».

3.2. Формулировка задачи

Определить предельную статическую погрешность измерения температуры в нормальных и эксплуатационных условиях. Измерение производят автоматическим потенциометром класса точности K с диапазоном измерений $t_H \div t_B$ в цепи с ТЭП. Автоматический потенциометр измеряет температуру t .

Схема системы измерения температуры приведена на рис. 3.1.

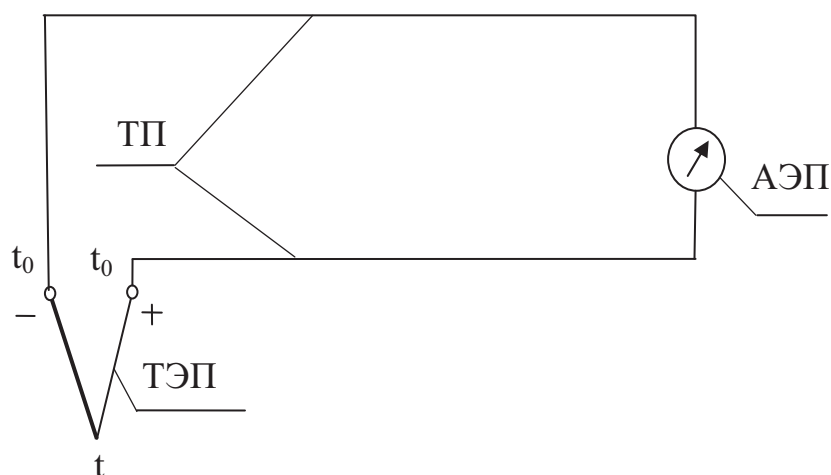


Рис. 3.1. Схема системы измерения температуры:
 ТЭП – термоэлектрический преобразователь, ТП – термоэлектродные провода,
 АЭП – автоматический электронный потенциометр

3.3. Методика расчета

Приведенная в разделе 2 методика расчета предельной статической погрешности системы измерения температуры, может быть использована и для решения вышеприведенной задачи. Подробный пример расчета изложен в [1].

Диапазон измерений автоматического потенциометра в милливольтках определяется с помощью таблицы номинальной статической характеристики (НСХ) ТЭП

$$E_{\text{Д}} = E(t_{\text{В}}, 0) - E(t_{\text{Н}}, 0). \quad (3.1)$$

Предел допускаемого отклонения ТЭДС ТЭП ΔE_T в милливольтках рассчитывают по формуле

$$\pm \Delta E_T = \Delta t_{\text{доп}} \cdot \frac{dE}{dt}, \quad (3.2)$$

Пределы допускаемых погрешностей ТЭП приведены в табл. 2.1.

Допускаемые отклонения ТЭДС в паре между жилами термоэлектродных (компенсационных) проводов приведены в таблице 2.2.

Для каждого устройства измерительной системы рассчитывают допускаемое значение основной погрешности:

- в милливольтках
$$\pm \Delta E_i = \pm \frac{\gamma_i \cdot E_{\text{Д}}}{100}, \quad (3.3)$$

- в градусах Цельсия
$$\pm \Delta t_i = \pm \Delta E_i \cdot \frac{dt}{dE}, \quad (3.4)$$

- в процентах
$$\pm \delta_i = \pm \frac{\Delta t_i}{t} \cdot 100. \quad (3.5)$$

Приближенное значение предельной статической погрешности показаний для измерительной системы в нормальных условиях определяют по формуле

$$\pm \delta_{ис}^{HY} = \pm \sqrt{\delta_T^2 + \delta_{ТП}^2 + \delta_{П}^2}, \quad (3.6)$$

где $\delta_T, \delta_{ТП}, \delta_{П}$ – статическая погрешность показаний соответственно ТЭП, термоэлектродных проводов и показаний потенциометра,

что соответствует
$$\pm \Delta t_{ис}^{HY} = \pm \frac{t \cdot \delta_{ис}^{HY}}{100}, \quad ^\circ\text{C}. \quad (3.7)$$

Приближенное значение предельной статической погрешности записи показаний для измерительной системы в нормальных условиях определяют по формуле

$$\pm \delta_{ис}^{HY} = \pm \sqrt{\delta_T^2 + \delta_{ТП}^2 + \delta_3^2}, \quad (3.8)$$

где δ_3 – статическая погрешность записи показаний потенциометра.

Приближенное значение предельной статической погрешности для измерительной системы в эксплуатационных условиях определяют по формуле

$$\pm \delta_{ис}^{\text{ЭУ}} = \pm \sqrt{(\delta_{ис}^{HY})^2 + \delta_{ПИТ}^2 + \delta_{ОВ}^2 + \delta_{МП}^2 + \delta_{ПН1}^2 + \delta_{ПН2}^2}, \quad (3.9)$$

где $\delta_{ПИТ}$ – погрешность, вызванная изменением напряжения питания;

$\delta_{ОВ}$ – погрешность, вызванная изменением температуры окружающего воздуха;

$\delta_{МП}$ – погрешность, вызванная влиянием магнитного поля;

$\delta_{ПН1}$ – погрешность, вызванная влиянием паразитного напряжения (поперечная помеха);

$\delta_{ПН2}$ – погрешность, вызванная влиянием паразитного напряжения (продольная помеха),

что соответствует
$$\pm \Delta t_{ис}^{\text{ЭУ}} = \pm \frac{t \cdot \delta_{ис}^{\text{ЭУ}}}{100}, \quad ^\circ\text{C}. \quad (3.10)$$

В табл. 3.1 приведены исходные данные к задаче, в которой указаны: тип потенциометра, класс точности K , диапазон измерений потенциометра $t_H \div t_B$, НСХ, измеряемая температура t . Перечень и значения основных и дополнительных погрешностей автоматических потенциометров представлены в табл. 3.2.

Таблица 3.1 – Варианты исходных данных

№ варианта	Тип автоматического электронного потенциометра	Класс точности	$t_H \div t_B, ^\circ\text{C}$	НСХ	Класс допуска ТЭП	$t, ^\circ\text{C}$
1	КСП2	0,5	0–100	L(XK)	2	45
2	КСП3	0,5	0–100	L(XK)	2	90
3	КСП3	0,5	0–1100	K(XA)	2	1000
4	КСП4	0,25	0–1100	K(XA)	2	950
5	КСП3	0,5	0–1300	K(XA)	2	800
6	КСП2	0,5	0–1300	S(III)	2	1200
7	КВП1	0,5	0–1300	S(III)	2	1170
8	КСП4	0,5	0–1300	K(XA)	2	1100
9	КВП1	0,25	0–1300	S(III)	2	950
10	КСП2	0,5	0–1300	S(III)	2	1050
11	КСП2	0,5	0–150	L(XK)	2	70
12	КСП3	0,5	0–150	L(XK)	2	50
13	КСП3	0,5	0–1600	S(III)	1	1300
14	КВП1	0,5	0–1600	S(III)	1	1350
15	КСП3	0,5	0–200	L(XK)	1	170
16	КСП2	0,5	0–200	L(XK)	1	80
17	КСП3	0,5	0–300	L(XK)	1	100
18	КСП2	0,5	0–300	L(XK)	2	190
19	КСП4	0,25	0–400	L(XK)	2	330
20	КСП1	1,0	0–400	K(XA)	2	230
21	КСП1	1,0	0–400	L(XK)	2	270
22	КВП1	0,25	0–400	K(XA)	2	150
23	КСП4	0,5	0–600	L(XK)	1	120
24	КСП1	1,0	0–600	L(XA)	1	150
25	КВП1	0,5	0–600	K(XA)	2	550

Продолжение табл. 3.1

№ варианта	Тип автоматического потенциометра	Класс точности	$t_H \div t_B, ^\circ\text{C}$	НСХ	Класс допуска ТЭП	$t, ^\circ\text{C}$
26	КСП1	1,0	0–600	L(XK)	2	450
27	КСП2	0,5	0–800	K(XA)	2	590
28	КСП3	0,5	0–800	K(XA)	2	700
29	КСП2	0,5	0–900	K(XA)	2	650
30	КСП3	0,5	0–900	K(XA)	2	800
31	КСП4	0,25	200–1200	K(XA)	2	1000
32	КСП2	0,5	200–1200	K(XA)	2	1100
33	КВП1	0,5	200–600	L(XK)	2	490
34	КПП1	0,5	200–600	L(XK)	2	350
35	КВП1	0,25	200–800	L(XK)	2	550
36	КПП1	0,5	200–800	L(XK)	2	700
37	КСП4	0,5	400–900	K(XA)	2	500
38	КСП2	0,5	400–900	K(XA)	1	800
39	КПП1	0,5	–50–100	L(XK)	1	45
40	КВП1	0,5	–50–100	L(XK)	1	70
41	КСП1	1,0	–50–150	L(XK)	1	80
42	КПП4	0,25	–50–150	L(XK)	1	100
43	КСП1	1,0	–50–200	L(XK)	1	90
44	КСП4	0,5	–50–200	L(XK)	2	95
45	КПП1	0,5	–50–50	L(XK)	2	30
46	КВП1	0,25	–50–50	L(XK)	2	20
47	КВП1	0,25	600–1100	K(XA)	2	1000
48	КСП1	1,0	600–1100	K(XA)	2	920
49	КВП1	0,5	700–1300	K(XA)	2	1000
50	КСП1	1,0	700–1300	K(XA)	1	1200

Таблица 3.2 – Метрологические характеристики автоматических потенциометров

Наименования основных и дополнительных погрешностей	Значения погрешностей, %					
	КПП1	КСП1	КСП2	КСП3	КСП4	КВП1
Основные погрешности						
1. Основная приведенная погрешность показаний АЭП $\pm\gamma_{II}$	$\pm 0,5$	± 1	$\pm 0,5$	$\pm 0,5$	$\pm 0,25$ $\pm 0,5$	$\pm 0,25$ $\pm 0,5$
2. Погрешность записи АЭП $\pm\gamma_3$	–	± 1	± 1	± 1	$\pm 0,5$	–
Дополнительные погрешности						
3. Изменение показаний АЭП, вызванное изменением напряжения питания на +10% и –15% от номинального значения $\pm\gamma_{пит}$	$\pm 0,25$	± 1	$\pm 0,25$	$\pm 0,25$	$\pm 0,2$ $\pm 0,25$	$\pm 0,13$ $\pm 0,25$
4. Изменение показаний АЭП, вызванное изменением температуры окружающего воздуха от 20 ± 5 °C $\pm\gamma_{ов}$ – для любого диапазона измерения – при диапазоне измерения 10 мВ и более – при диапазоне измерения до 10 мВ	$\pm 0,25$	$\pm 0,25$	$\pm 0,2$ $\pm 0,4$	$\pm 0,2$	$\pm 0,2$	$\pm 0,2$ $\pm 0,3$
5. Изменение показаний АЭП, вызванное влиянием внешнего магнитного поля напряженностью 400 А/м $\pm\gamma_{мп}$	$\pm 0,5$	$\pm 0,5$	–	$\pm 0,5$	$\pm 0,5$	–
6. Изменение показаний АЭП, вызванное влиянием паразитного напряжения, действующего последовательно с полезным сигналом (поперечная помеха) $\pm\gamma_{пн1}$	–	–	$\pm 0,25$	$\pm 0,5$	–	–
7. Изменение показаний АЭП, вызванное влиянием паразитного напряжения переменного тока между любыми измерительными зажимами и заземленным корпусом (продольная помеха) $\pm\gamma_{пн2}$	–	–	$\pm 0,25$	$\pm 0,5$	–	–